

526,358

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



Rec'd PCT/PTO

02 MAR 2005



(43) Date de la publication internationale
18 mars 2004 (18.03.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/023791 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H04N 3/15

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2003/009740

(22) Date de dépôt international :
1 septembre 2003 (01.09.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0210897 3 septembre 2002 (03.09.2002) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : CSEM
CENTRE SUISSE D'ELECTRONIQUE ET DE MI-
CROTECHNIQUE SA - RECHERCHE ET DEVEL-
OPPEMENT [CH/CH]; -, Rue Jaquet-Droz 1, CH-2007
NEUCHÂTEL (CH).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : HEIM,

Pascal [CH/CH]; -, Ch. des Sagnes 13, CH-2022 BEVAIX
(CH). RUEDI, Pierre, François [CH/CH]; -, Ch. du Lac
7, CH-2068 HAUTERIVE (CH). FRAGNIERE, Eric
[CH/CH]; -, Evole 31, CH-2000 NEUCHÂTEL (CH).
GRENET, Eric [FR/CH]; -, Belleruche 16, CH-2000
NEUCHÂTEL (CH). KAESS, François [FR/CH]; -, Au
Moulin 13, CH-1312 ECLEPENS (CH).

(74) Mandataire : CABINET JP COLAS; -, 37 avenue
Franklin D. Roosevelt, F-75008 PARIS (FR).

(81) État désigné (national) : US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,
IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

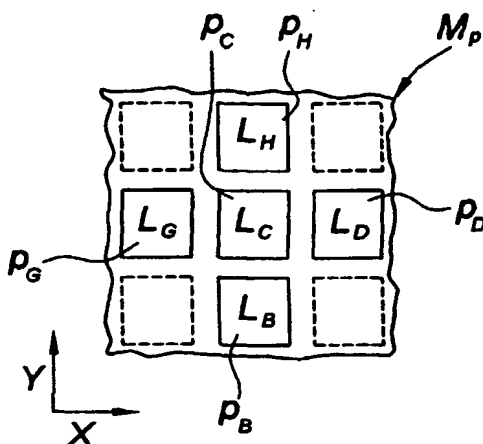
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD AND SENSOR FOR DETERMINING THE LOCAL CONTRAST OF AN OBSERVED SCENE BY DE-
TECTION OF THE LUMINANCE FROM SAID SCENE

(54) Titre : PROCÉDE ET CAPTEUR POUR DETERMINER LE CONTRASTE LOCAL D'UNE SCENE OBSERVEE, PAR
DETECTION DE LA LUMINANCE EMANANT DE CETTE SCENE



(57) Abstract: The invention relates to a method of calculating the local contrast at each pixel (P_C) in a network (M_p) of photosensitive pixels which are arranged in at least one dimension (x, y). The inventive method consists in, during successive image acquisition cycles, producing a signal which is representative of the local luminance at each pixel, said luminance-representative signals being integrated values of luminance values sensed by the respective pixels (P_C, P_G, P_D, P_H, P_B). The inventive method consists in: sampling the integrated values of the signals representing the luminance values at the pixels adjacent (P_G, P_D, P_H, P_B) to a considered pixel (P_C), said sampling taking place at an instant in the cycle when the integrated value of the luminance at the considered pixel (P_C) is equal to a pre-determined reference value; and determining the local contrast at the considered pixel (P_C) on the basis of values thus sampled.

(57) Abrégé : Ce procédé permet de calculer le contraste local au niveau de chaque pixel (P_C) d'un réseau (M_p) de pixels photosensibles agencés selon au moins une dimension (x, y). Il consiste, au cours de cycles de prises d'image successifs respectifs, d'engendrer un signal

représentatif de la luminance locale relevée par chaque pixel, les signaux représentatifs de la luminance étant des valeurs intégrées des valeurs de luminance captées par les pixels respectifs (P_C, P_G, P_D, P_H, P_B). Selon l'invention, on échantillonne les valeurs intégrées des signaux représentant les luminances relevées par les pixels qui sont adjacents (P_G, P_D, P_H, P_B) à un pixel considéré (P_C), l'échantillonnage ayant lieu à un instant dans ledit cycle auquel la valeur intégrée de la luminance relevée par ledit pixel considéré (P_C) devient égale à une valeur de référence prédéterminée, et on détermine le contraste local dudit pixel considéré (P_C) sur la base des valeurs ainsi échantillonnées.

WO 2004/023791 A1

TITRE : Procédé et capteur pour déterminer le contraste local d'une scène observée, par détection de la luminance émanant de cette scène

5 La présente invention est relative à un procédé et à un capteur destinés à déterminer le contraste local d'une scène observée par détection de la luminance émanant de cette scène à l'aide d'un réseau de photocapteurs réalisé en technologie CMOS.

10 Dans la technique de l'imagerie optique, il est connu d'acquérir l'image d'une scène observée à l'aide d'un réseau de photocapteurs dont chacun est associé à un circuit d'analyse formant avec lui, ce qu'il est convenu d'appeler un pixel. Le réseau de pixels est de préférence réalisé sous la forme d'un circuit intégré selon la technologie CMOS.

15 Les photocapteurs de chaque pixel délivrent un courant proportionnel à la quantité de lumière qu'ils reçoivent de la scène observée. En pratique, la luminosité moyenne d'une image réelle peut varier de six ordres de grandeur en fonction de la situation. Par conséquent, les courants délivrés par les photocapteurs peuvent varier dans les mêmes proportions. Il est donc nécessaire de recourir à des circuits d'adaptation pour adapter les courants aux niveaux requis par les circuits de
20 traitement de chaque pixel, au détriment de la dynamique d'entrée du système qui excède rarement deux à trois ordres de grandeur en pratique.

 On connaît plusieurs techniques pour augmenter la dynamique d'entrée. L'une d'entre elles, décrite dans un article de S.Kavidias et al. dans IEEE, Journal of Solid State Circuits, vol. 35, août 2000 et intitulé "A Logarithmic Response CMOS
25 Image Sensor with On-Chip Calibration", consiste à effectuer une compression logarithmique du courant délivré par le photocapteur, ce qu'on réalise à l'aide de transistors MOS travaillant en faible inversion. La difficulté de cette technique réside dans le fait qu'il faut apparier les transistors qui, au sein de la matrice de pixels, mettent en œuvre la compression logarithmique. Ceci est une contrainte de
30 réalisation considérable, si on veut obtenir une précision tant soit peu satisfaisante.

 Une autre technique décrite par exemple dans FR 2 605 475, dans WO 98/14002 et dans un article de Y. Ni et al. dans IEEE, Journal of Solid State Circuits, vol. 32, Juillet 1997 et intitulé "Histogramme-Equalization-Based Adaptive Image
35 Sensor for Real-Time Vision", consiste à intégrer le courant délivré par le photocapteur sur une capacité jusqu'à ce que soit atteinte une tension de référence

définie aux bornes de la capacité. Chaque pixel du réseau de pixels signale le moment auquel la tension aux bornes de sa capacité d'intégration atteint la valeur de référence. Dans ce cas, la dynamique d'entrée est limitée par le temps d'intégration maximal accordé au système et par son bruit intrinsèque. On peut associer à cette technique des méthodes de classification des échantillons par histogramme. Cette technique est également complexe et laisse à désirer sur le plan de la précision.

Pour s'affranchir de ces difficultés dues à la variation considérable de la luminosité, il est également connu de déterminer le contraste local de l'image prise par le réseau de pixels. Cette méthode est intéressante car, pour un motif donné de la scène observée, le contraste présente la même valeur, que ce motif soit dans l'ombre ou en pleine lumière. Or, comme le contraste local fournit une représentation fidèle de l'activité de chaque pixel, sa détermination permet de s'affranchir des difficultés inhérentes aux techniques connues des documents antérieurs précités.

Le contraste local peut être défini, pour un système unidimensionnel discret, par exemple une ligne de pixels, par l'expression suivante:

$$C = 2 \cdot \frac{L_G - L_D}{L_G + L_D} \quad (1)$$

dans laquelle C est le contraste local associé à un pixel et L_G et L_D sont les signaux représentant les luminances captées par les pixels situés respectivement à gauche et à droite du pixel considéré. En d'autres termes, le contraste local correspond au gradient des luminances locales normalisé par leur moyenne. Ce contraste est donc une grandeur indépendante de la luminance locale.

On peut appliquer l'expression (1) à l'exemple d'une image prise d'une scène présentant une zone de forte illumination Z1 et une zone de faible illumination Z2, les réflectances des objets présents dans la scène étant supposées identiques pour le besoin de l'explication et le rapport d'illumination des deux zones étant supposé être de 5 à 1. Cette situation est illustrée par le diagramme de la figure 1 des dessins annexés, où on a porté la luminance relative I_r en fonction de l'emplacement de pixels p1 à p21 dans une rangée de pixels formant une partie d'un réseau unidimensionnel de pixels utilisé pour l'expérimentation.

Or, malgré cette différence considérable d'illumination, on constate que les valeurs de contraste calculées sur la base de l'expression (1) sont les mêmes pour les points correspondants des deux zones (pixels p1 et p11, pixels p2 et p12, pixels p3 et p13, etc.).

La définition du contraste peut être étendue à une matrice bidimensionnelle de pixels M_p en distinguant deux composantes de contraste C_x et C_y suivant les axes x et y de cette matrice. Dans ce cas (voir la figure 2 des dessins annexés qui représente une partie d'une telle matrice M_p), on fait intervenir les luminances, respectivement L_G , L_D , L_H et L_B de certains pixels p_G (gauche), p_D (droite), p_H (haut) et p_B (bas) adjacents à un pixel central p_C situé dans la matrice M_p à un emplacement quelconque (les qualificatifs gauche, droite haut et bas n'ont ici qu'une signification explicative, les positions des pixels dans l'espace pouvant dans l'ensemble être arbitraires).

Les deux composantes peuvent alors s'écrire:

$$C_x = 4 \cdot \frac{L_G - L_D}{L_G + L_D + L_H + L_B}$$
$$C_y = 4 \cdot \frac{L_H - L_B}{L_G + L_D + L_H + L_B}$$
(2)

Dans ces expressions aussi, le contraste local correspond au gradient des luminances locales normalisé par leur moyenne.

Pour calculer le contraste pour un pixel donné dans le cas de la matrice bidimensionnelle M_p , il faut ainsi calculer la somme de quatre signaux représentatifs de la luminance et faire une division de la différence de deux signaux représentatifs de la luminance par le résultat de cette somme. Pour effectuer ces opérations arithmétiques, directement de façon analogique et avec la précision souhaitée, il faut des circuits complexes. Or, dans une matrice de pixels du genre concerné, la plupart des fonctionnalités doivent être mises en œuvre au sein de chaque pixel individuel, ce dernier comprenant aussi bien le photocapteur et le circuit d'intégration du photocourant que les circuits de calcul de contraste associés. Les circuits analogiques nécessaires pour réaliser le calcul des expressions (2) ci-dessus ne sont pas compatibles avec les exigences actuelles de miniaturisation des matrices de pixels du genre concerné du fait, surtout, de leur encombrement trop grand.

On comprendra aisément que les formules données ci-dessus pour le calcul du contraste ne sont qu'indicatives et sont donc susceptibles de varier sans sortir du cadre de l'invention. Le nombre et la position des pixels voisins pris en compte dans le calcul sont également sujets à variations. Le contraste, dans son acception la plus large, est défini comme étant la différence relative entre les luminances des points voisins. De plus, et bien que l'on continuera à parler de contraste dans la suite de la

description, il sera entendu que l'invention vise tout circuit de calcul, qui utilise des signaux fournis par les pixels voisins et dont le résultat est normalisé par rapport à la valeur locale de la luminance.

5 L'invention a tout d'abord pour but de fournir un procédé permettant de déterminer le contraste local au niveau de chaque pixel moyennant un circuit qui, du fait de sa faible complexité, peut être incorporé dans le pixel sans altérer la précision nécessaire de la détermination du contraste local et ce, tout en respectant les exigences de miniaturisation imposées.

10 L'invention a donc pour objet un procédé permettant de déterminer le contraste local au niveau de chaque pixel d'un réseau de pixels photosensibles agencés selon au moins une dimension, ce procédé consistant, au cours de cycles de prises d'image successifs respectifs, à engendrer un signal représentatif de la luminance locale relevée par chaque pixel, les signaux représentatifs de la luminance étant des valeurs intégrées des valeurs de luminance captées par les pixels
15 respectifs,

ce procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à échantillonner les valeurs intégrées des signaux représentant les luminances relevées par les pixels qui sont adjacents à un pixel considéré, l'échantillonnage ayant lieu à un instant dans ledit cycle auquel la valeur intégrée de la luminance relevée par ledit pixel considéré
20 devient égale à une valeur de référence prédéterminée, et à déterminer le contraste local dudit pixel considéré sur la base des valeurs ainsi échantillonnées.

Grâce à ces caractéristiques, les moyens nécessaires pour obtenir la valeur et l'orientation du contraste local peuvent être simples, un avantage supplémentaire de l'invention consistant en ce que les valeurs obtenues deviennent indépendantes
25 du niveau d'éclairement de la scène observée.

Selon un premier mode de mise en œuvre du procédé de l'invention, ladite valeur de référence est choisie à une valeur intermédiaire de l'écart séparant une valeur de niveau de blanc et une valeur de niveau de noir susceptibles d'être relevées par lesdits pixels, cette valeur de référence étant de préférence la moitié de
30 cet écart.

Cette caractéristique permet d'obtenir les valeurs recherchées avec une très bonne précision, moyennant un calcul simple.

Dès lors, on peut déterminer le contraste local par calcul approché

en appliquant pour ladite au moins une dimension dudit réseau l'expression
35 suivante:

$$C_{pn} = \frac{L_{p(n-1)} - L_{p(n+1)}}{L_{pn}}$$

dans laquelle

C_{pn} contraste local calculé pour ledit cycle d'un pixel de rang n dans la rangée du réseau orientée selon ladite dimension,

5 L_{pn} signal représentant la luminance relevée par le pixel de rang n,

$L_{p(n-1)}$ signal représentant la luminance relevée par le pixel adjacent précédent de rang n-1 dans ladite rangée,

$L_{p(n+1)}$ signal représentant la luminance relevée par le pixel adjacent suivant n+1 dans ladite rangée.

10 Ainsi, dans ce premier mode de mise en œuvre, l'invention est également basée sur la constatation que l'on peut obtenir la valeur du contraste local au niveau de chaque pixel par un calcul approché de cette valeur, d'une précision tout à fait suffisante dans la plupart des cas pratiques en faisant l'hypothèse, vérifiée également dans la plupart des cas pratiques, que, pour une dimension donnée du
15 réseau, les luminances relevées par chaque fois trois pixels intervenant dans le calcul, sont situées dans un même plan de l'espace. L'erreur sur la valeur du contraste local ainsi obtenue est en fait négligeable car dans une image réelle, le filtrage passe-bas appliqué par le capteur à l'image observée qu'il soit d'origine optique ou électronique, diffuse les contours, si bien que la luminosité frappant le
20 pixel central des trois pixels considérés est très proche de la valeur théorique supposée, par la simplification du calcul approché selon l'invention. En effet, le dénominateur de l'expression définissant le contraste local ne comporte plus qu'une seule valeur, à savoir celle du signal représentant la luminance du pixel p_n au niveau duquel on souhaite déterminer le contraste.

25 Suivant une autre caractéristique intéressante de ce mode de mise en œuvre, les signaux représentatifs de la luminance sont des valeurs intégrées des valeurs de luminance captées par les pixels respectifs et le procédé consiste en outre à échantillonner les valeurs intégrées des signaux représentant les luminances relevées par lesdits pixels adjacents, précédent et suivant, à un instant dans ledit
30 cycle auquel la valeur intégrée de la luminance relevée par le pixel considéré devient égale à une valeur de référence prédéterminée et à calculer le contraste local du pixel considéré sur la base des valeurs ainsi échantillonnées.

Cette caractéristique présente l'avantage important que, pour le calcul du contraste, on peut se dispenser du signal représentant la luminance relevée par le

pixel central, sans altérer la précision de la détermination du contraste. De ce fait le calcul du contraste revient à faire de simples opérations de soustraction et ne fait plus intervenir d'opération de division. Le circuit de calcul peut être alors très simple.

5 Selon une autre caractéristique de ce premier mode de mise en œuvre, les valeurs intégrées des signaux représentant les luminances relevées par lesdits pixels adjacents, précédent et suivant, sont accumulées sur des capacités respectives à l'instant où la valeur intégrée du pixel considéré atteint ladite valeur de référence, lesdites capacités fournissant les valeurs nécessaires au calcul de contraste.

10 On obtient ainsi de façon particulièrement simple les entrées qui sont nécessaires pour le circuit de calcul de contraste au cours de chaque cycle de prise d'image.

 Dans le cas où ledit réseau se présente sous la forme d'une matrice de pixels à deux dimensions, le calcul de contraste s'effectue sur la base des expressions
15 suivantes:

$$C_x = L_G - L_D$$

et

$$C_y = L_H - L_B$$

dans lesquelles:

- 20 - C_x composante de contraste local dans la direction x de la matrice,
 - C_y composante de contraste local dans la direction y de la matrice,
 - L_G, L_D signaux représentatifs des luminances relevées respectivement
 par les pixels adjacents au pixel central p_C dans la direction x,
 - L_H, L_B signaux représentatifs des luminances relevées respectivement
25 par les pixels adjacents au pixel central p_C dans la direction y,

lesdites expressions étant utilisées pour calculer les composantes du vecteur de contraste au niveau dudit pixel considéré.

 Il s'avère en outre avantageux que chaque couple de valeurs accumulées appartenant respectivement auxdites directions soit soumis à une multiplication
30 analogique à quatre quadrants par, respectivement, un signal sinus et un signal cosinus de mêmes fréquence et amplitude, les résultats des multiplications correspondantes étant alors additionnés pour constituer le module et la phase du vecteur de contraste local correspondant audit pixel considéré.

 Cette caractéristique permet d'obtenir le résultat recherché moyennant une
35 implémentation particulièrement simple dans chaque pixel du réseau.

Conformément à un second mode de mise en œuvre de l'invention, ladite valeur de référence est choisie à une valeur de niveau de blanc susceptible d'être relevée au maximum par lesdits pixels.

Bien que ce mode de mise en œuvre ne fournisse que la composante maximum du contraste (cX , cY) et une orientation du contraste discrétisée en octants, il s'est avéré qu'un tel résultat peut suffire dans certaines applications, l'avantage étant que la détermination du contraste local peut se faire moyennant un traitement logique de signaux binaires ne nécessitant plus aucune opération de calcul. Les circuits nécessaires dans chaque pixel peuvent alors être encore davantage simplifiés.

Avantageusement, dans ce second mode de mise en œuvre de l'invention, le procédé consiste, pendant chacun desdits cycles de prise d'image, à relever les instants auxquels, dans un groupe de pixels composé du pixel considéré et de ses pixels adjacents, les valeurs intégrées des valeurs de luminance captées par ces pixels atteignent ladite valeur de niveau de blanc, et à prendre comme valeur du contraste local la valeur intégrée du pixel concerné lorsqu'une desdites valeurs intégrées, dans le cycle de prise d'image considéré, atteint en premier ladite valeur de niveau de blanc. L'ordre dans lequel lesdites valeurs intégrées atteignent la valeur de niveau de blanc détermine alors l'orientation du contraste local.

L'invention a également pour objet un capteur destiné à déterminer le contraste local capable d'exécuter l'un ou l'autre des modes de mise en œuvre du procédé de l'invention tels que définis ci-dessus.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels:

la figure 1, déjà décrite, est un diagramme de l'évolution de la luminance relevée par un réseau linéaire de pixels en fonction de leurs emplacements dans ce réseau, le diagramme illustrant une propriété intéressante du contraste local dans un tel réseau linéaire de pixels;

la figure 2, également déjà décrite, montre une partie d'un réseau réalisé sous la forme d'une matrice bidimensionnelle de pixels en vue d'illustrer la méthode de calcul du contraste local connu de l'art antérieur;

la figure 3 montre une vue analogue à celle de la figure 2 en vue d'expliquer les concepts qui sont à la base de la présente invention;

la figure 4 est une vue plus détaillée de la partie de la matrice bidimensionnelle représentée sur la figure 3;

la figure 5 est un schéma simplifié d'un pixel faisant partie de la matrice bidimensionnelle de la figure 4; et

5 les figures 6 et 7 sont des diagrammes illustrant le fonctionnement de la matrice représentée sur la figure 4;

la figure 8 est un schéma d'un circuit de calcul du vecteur de contraste utilisé dans le pixel représenté sur la figure 5;

10 la figure 9 représente un schéma d'un autre mode de réalisation de l'invention;

la figure 10 est un diagramme temporel illustrant le fonctionnement du mode de réalisation de l'invention représenté sur la figure 9;

la figure 11 est un schéma détaillé de l'un des blocs fonctionnels du mode de réalisation de la figure 9;

15 la figure 12 est un diagramme illustrant le fonctionnement du bloc fonctionnel représenté sur la figure 11;

la figure 13 est un schéma d'une variante du mode de réalisation de la figure 9; et

20 la figure 14 est un diagramme temporel illustrant le fonctionnement de la variante représentée sur la figure 13.

Les figures 3 et 4 illustrent le concept de base du premier mode de mise en œuvre de l'invention appliqué à une matrice de pixel M_p formant un réseau à deux dimensions, étant entendu que ce concept peut être utilisé pour des réseaux unidimensionnels formés par des rangées de pixels.

25 Ceci étant, sur la figure 3, la partie de la matrice M_p de pixels déjà décrite à propos de la figure 2, est représentée à nouveau, cependant que le pixel central p_c est ici également mis en évidence avec la luminance L_c qu'il peut capter. Selon l'invention, le contraste local au niveau du pixel central p_c est calculé selon les expressions

$$30 \quad C_x = \frac{L_G - L_D}{L_C}$$
$$C_y = \frac{L_H - L_B}{L_C}$$

(3)

Dans ces expressions:

- C_x composante de contraste local dans la direction x de la matrice,
- C_y composante de contraste local dans la direction y de la matrice,
- L_c signal représentatif de la luminance relevée par le pixel central p_c ,
- 5 - L_G, L_D signaux représentatifs des luminances relevées respectivement par les pixels adjacents au pixel central p_c dans la direction x,
- L_H, L_B signaux représentatifs des luminances relevées respectivement par les pixels adjacents au pixel central p_c dans la direction y.

10 Pour mettre en œuvre le calcul selon ces expressions, le procédé de l'invention consiste, pendant chaque cycle de prise d'image, à communiquer à chaque pixel de la matrice les signaux représentatifs des luminances relevées par les quatre pixels adjacents selon les deux axes x et y. Ceci est illustré sur la figure 4 qui est une représentation agrandie et plus détaillée de la partie de matrice représentée sur la figure 3.

15 Chaque pixel comprend un circuit photocapteur ph engendrant un signal représentant la luminance et un circuit cc de calcul de contraste local. Ce dernier est connecté aux circuits photocapteurs ph des quatre pixels adjacents selon les axes respectifs x et y de la matrice, par des connexions interpixels ci . Ainsi chaque circuit de calcul cc peut recevoir les quatre signaux représentatifs de la luminance
 20 provenant de ses voisins p_G, p_D, p_H et p_B et il est agencé pour effectuer les opérations arithmétiques spécifiées dans les expressions (3) ci-dessus. Ces opérations étant de simples soustractions ou des divisions, l'homme de métier saura concevoir un circuit de calcul permettant de les exécuter sans autre information supplémentaire. Les détails des circuits de calcul ne sont donc pas décrits ici.

25 On comprend, par ailleurs, que les figures 3 et 4 ne représentent qu'une très faible quantité de pixels de la matrice M_p , qui peut en comporter un grand nombre comme cela est bien connu, une matrice de 64 x 64 pixels étant par exemple envisageable. Par ailleurs, de façon également connue des spécialistes, chaque pixel est pourvu de ses moyens d'adressage et de transmission de signal utile, basé par
 30 exemple sur le procédé d'encodage temporel décrit dans EP 1 150 250 au nom du titulaire de la présente demande de brevet.

Dans le mode de réalisation de l'invention qui vient d'être décrit, les circuits de calcul cc doivent opérer deux soustractions et deux divisions, ce qui permet de simplifier les calculs comparés à ceux qui devaient être effectués selon l'art antérieur.

Cependant, selon un perfectionnement avantageux de l'invention, le calcul des composantes du contraste local peut encore se simplifier davantage et se réduire à deux simples soustractions. Un mode de réalisation permettant de mettre en œuvre ce perfectionnement va maintenant être décrit en se référant à la figure 5.

5 Celle-ci représente un circuit plus détaillé de chaque pixel p de la matrice M_p . Le circuit photocapteur ph de ce pixel p comprend une photodiode 1, ou un élément photosensible équivalent approprié, qui est montée en série entre les bornes d'alimentation 2 et 3, avec une capacité d'intégration 4. Le nœud entre la capacité 4 et la photodiode 1 est connecté à un interrupteur semi-conducteur 5 qui permet d'y
10 appliquer le signal provenant d'une borne de niveau de noir 6 sous la commande d'un signal sur une borne de commande 7. D'autre part, le nœud en question est connecté à un amplificateur suiveur 8 de gain unité par exemple dont la sortie est reliée à une borne 9

La formation du signal de luminance $V_p(t)$ se déroule de la façon suivante.

15 Avant l'exposition, l'interrupteur 5 connecte la capacité 4 à une tension de niveau de noir qui est appliquée sur la borne 6 de sorte que cette capacité 4 est chargée jusqu'au niveau de cette tension qui représente le niveau de noir. L'exposition commence par l'ouverture de l'interrupteur 5. Le photocourant i_{ph} , proportionnel à l'intensité lumineuse frappant la diode 2 est intégré sur la capacité 4.
20 Le signal de luminance $V_p(t)$ peut alors être prélevé sur la borne 9.

La borne 9 est également connectée à une première entrée d'un comparateur
10 dont l'autre entrée reçoit une tension de référence V_{ref} , appliquée sur une borne 11 du pixel. La sortie de ce comparateur 10 commande, lorsque la tension $V_p(t)$ atteint la valeur V_{ref} , quatre interrupteurs semi-conducteurs 12_D , 12_G , 12_H et 12_B
25 auxquels sont respectivement appliquées des tensions de luminance $V_D(t)$, $V_G(t)$, $V_H(t)$ et $V_B(t)$ provenant des pixels adjacents par l'intermédiaire des connexions ci (figure 4) et appliquées à des bornes correspondantes 13_D , 13_G , 13_H et 13_B . Ces tensions sont échantillonnées sur des capacités d'échantillonnage 14_D , 14_G , 14_H et 14_B , respectivement, pour pouvoir être utilisées au moment approprié par un circuit
30 15 de calcul des valeurs de contraste dans lequel est calculée la valeur de contraste recherchée de préférence sous la forme du vecteur de contraste local du pixel p considéré. Les données correspondantes apparaissent sur une borne 16 de ce dernier.

Il est à noter que le signal de luminance $V_p(t)$ peut être obtenu avec d'autres
35 moyens que ceux décrits ci-dessus à propos du circuit photodétecteur Ph de la figure

5, pour autant que la grandeur de sortie du circuit soit proportionnelle à la fois à la luminance observée et au temps d'intégration. De même, l'élément photosensible 1 peut être constitué par tout autre composant connu tel qu'un phototransistor, par exemple.

5 Pour l'explication du fonctionnement des autres composantes représentées sur la figure 5, on va supposer que la luminance globale de l'image observée est constante pendant la durée d'intégration prévue. Dans ces conditions, la tension aux bornes de la capacité d'intégration 4 de chaque pixel augmente linéairement en fonction du temps, avec une pente proportionnelle au courant de sa diode 1
10 associée, donc à la luminance locale correspondant au pixel considéré. Ainsi, on peut écrire:

$$V_{ci}(t) = K \cdot L_p \cdot t \quad (4)$$

où V_{ci} est la tension aux bornes de la capacité 4, L_p la luminance locale et K une constante de proportionnalité dépendant de certains paramètres comme, par
15 exemple, le rendement quantique de la technologie utilisée et la valeur de la capacité d'intégration 4. La tension V_{ci} aux bornes de la capacité 4 équivaut à celle $V_p(t)$ apparaissant à la sortie de l'amplificateur suiveur 8 de gain unité.

Pendant l'intégration, cette dernière tension $V_p(t)$ est comparée en permanence à la tension de référence V_{ref} appliquée à la borne 11 du pixel p. A
20 l'instant t_{ref} où elle devient égale à cette tension de référence V_{ref} , la sortie du comparateur 10 bascule et ouvre les interrupteurs semi-conducteurs 12_D, 12_G, 12_H et 12_B. Les tensions représentant respectivement les luminances instantanées des pixels voisins, intégrées sur les capacités 4 respectives de ces derniers, sont alors échantillonnées sur les capacités correspondantes 14_D, 14_G, 14_H et 14_B, ces tensions
25 étant désignées respectivement par $V_D(t_{ref})$, $V_G(t_{ref})$, $V_H(t_{ref})$ et $V_B(t_{ref})$ et appliquées sur le circuit de calcul de contraste 15. On notera que cet échantillonnage est indépendant du processus d'intégration se déroulant dans les cellules à l'aide des capacités 4, ce processus se poursuivant dans chacune des cellules tant que la tension de saturation inhérente aux circuits n'est pas atteinte, étant entendu que les
30 circuits doivent être dimensionnés pour que cette tension de saturation soit plus élevée que le niveau de blanc.

Le fonctionnement qui vient d'être décrit est illustré sur les figures 6 et 7. La figure 6 représente l'allure des tensions intégrées (désignées ici collectivement, sur l'axe des ordonnées par $V_c(t)$) d'un certain nombre de pixels p1 à p10 agencés sur
35 une rangée de la matrice du réseau, dans l'hypothèse d'un éclairage sur celui-ci

analogue à celui représenté sur la figure 1. Si l'image prise est statique pendant l'intégration (ce que l'on suppose être le cas ici), les tensions intégrées $V_c(t)$ des pixels évoluent linéairement avec le temps. Cependant, en pratique, on ne fait évoluer les tensions d'intégration qu'entre deux niveaux, celui du noir NN et celui du blanc NB, qui définissent une plage d'intégration permettant d'assurer un fonctionnement correct avant que la saturation inhérente aux circuits ne soit atteinte (voir figure 7 la droite SA qui représente le niveau de saturation), la tension de référence V_{ref} pouvant être choisie à environ la moitié de l'écart entre les deux niveaux NN et NB.

La figure 7 représente le profil spatial des tensions d'intégration des pixels p_1 à p_9 à différents instants au cours de l'intégration sur les capacités 4 de ces pixels. Les courbes représentées sont prises respectivement aux instants t_1, t_2, t_3 etc. (figure 6) qui correspondent au profil des tensions aux moments où elles atteignent respectivement la tension de référence V_{ref} . A noter que sur les figures 6 et 7, on n'a pas représenté tous les pixels pour que les diagrammes conservent leur lisibilité. A titre d'exemple, on a illustré la mesure de contraste à l'instant t_7 , la valeur de contraste résultant dans ce cas de la différence des amplitudes mesurées dans les pixels p_6 et p_8 .

Il en résulte que pour tout pixel de la matrice, les tensions d'intégration nécessaires au calcul du contraste local sont échantillonnées, lorsque la tension de ce pixel issue de l'amplificateur 8 est égale à une valeur qui est identique pour toute la matrice. Par conséquent, la normalisation de ces tensions d'intégration revient à une division par une constante. A cette constante près (ce qui correspond à un gain du point de vue électronique), les tensions échantillonnées des pixels voisins du pixel considéré sont implicitement normalisées par la tension de ce dernier.

Dans ces conditions, les différences de tension:

$$V_{p_{cx}}(t_{ref}) = V_D(t_{ref}) - V_G(t_{ref}) \quad (5)$$

$$V_{p_{cy}}(t_{ref}) = V_H(t_{ref}) - V_B(t_{ref})$$

représentent respectivement, et à la même constante multiplicative près, les composantes en x et en y du vecteur de contraste du pixel considéré:

$$V_{p_{cx}}(t_{ref}) = k \cdot p_{cx} \quad (6)$$

$$V_{p_{cy}}(t_{ref}) = k \cdot p_{cy}$$

Ces tensions constituent le résultat recherché et peuvent être traitées comme connu en soi par l'homme de métier. Par exemple, il est possible d'en effectuer une conversion analogique/numérique et de les traiter ensuite dans un processeur de signaux numériques de type DSP. Il peut également être souhaitable d'effectuer un

5 prétraitement du vecteur de contraste au niveau du capteur lui-même pour restreindre les données obtenues aux informations les plus pertinentes. Par exemple, on peut appliquer le procédé d'encodage temporel décrit dans EP 1 150 250.

Pour calculer les valeurs de contraste, on utilise des moyens multiplicateurs dits à quatre quadrants, dont le schéma est représenté sur la figure 8 et désigné par

10 la référence générale 17, qui font partie du circuit de calcul 16 représenté sur la figure 5.

Les moyens multiplicateurs 17 comprennent deux multiplieurs analogiques 18a et 18b de structure identique et affectés respectivement aux calculs pour les directions x et y par rapport à un pixel p_c quelconque du réseau de pixels. Chacun

15 des ces multiplieurs met en œuvre une fonction de la forme:

$$I_{out} = \beta \cdot (V_1 - V_2) \cdot (V_4 - V_3) \quad (7)$$

dans laquelle

20 - I_{out} est le courant de sortie du multiplieur 18a ou 18b apparaissant sur une sortie 19a, 19b respective de ceux-ci,

- V_1 et V_2 sont les tensions échantillonnées comme décrit à propos de la figure 5, à savoir pour la direction x par rapport à un pixel p_c , les tensions $V_D(t_{ref})$ et $V_G(t_{ref})$, respectivement, et pour la direction y par rapport à ce même pixel les

25 tensions $V_H(t_{ref})$ et $V_B(t_{ref})$, respectivement, et

- V_3 et V_4 sont des tensions sinusoïdales respectives $V_A \cdot \cos \varphi(t)$ et $V_A \cdot \sin \varphi(t)$ engendrées par des générateurs de tension sinusoïdale 20a, 21a et 20b, 21b, respectivement, comme représenté sur la figure 8. Bien entendu, ces tensions sinusoïdales peuvent facilement être engendrées par un générateur unique

30 (non représenté) dont le schéma est à la portée de l'homme de métier.

En appliquant l'équation (7) pour le multiplieur 18a et en reprenant l'expression (5) correspondante, le courant résultant I_x pour l'axe x devient:

$$I_x = \beta V_A \cdot V_{p_{cx}}(t_{ref}) \cdot \cos \varphi(t) \quad (8)$$

et de même pour le multiplieur 18b, le courant I_y pour l'axe y devient:

$$I_y = \beta V_A \cdot V_{p_{cy}}(t_{ref}) \cdot \sin \varphi(t) \quad (9)$$

5 Les sorties 19a et 19b des multiplieurs 18a et 18b sont connectées aux entrées d'un additionneur 22 qui calculent la différence I_{tot} entre les deux courants I_x et I_y :

$$I_{tot} = \beta V_A \cdot V_{p_{cx}}(t_{ref}) \cdot \cos \varphi(t) + \beta V_A \cdot V_{p_{cy}}(t_{ref}) \cdot \sin \varphi(t) \quad (10)$$

10 Ce résultat peut être reformulé de la façon suivante:

$$I_{tot} = C_{p_c} \cdot \cos(\alpha_{p_c} - \varphi(t)) \quad (11)$$

où C_{p_c} et α_{p_c} représentent respectivement le module et la phase du vecteur de contraste local du pixel p_c , étant donné que $V_{p_{cx}}(t_{ref})$ et $V_{p_{cy}}(t_{ref})$ représentent respectivement et à une constante de proportionnalité près, les composantes suivant
15 les axes x et y du même vecteur.

Le résultat obtenu dans l'additionneur 22 est ensuite envoyé de préférence dans un circuit de codage temporel 23 décrit dans EP 1 150 250. Ce circuit fournit des impulsions I_{mo} et I_{ph} représentant respectivement en codage temporel le module et la phase du vecteur de contraste.

20 Les multiplieurs 18a et 18b sont réalisés de préférence conformément au schéma de la figure 8, chacun comportant six transistors M1 à M6 raccordés comme représenté. Ce montage présente l'avantage de pouvoir constituer par les capacités parasites des transistors M1, M2 et M3, M4, respectivement les capacités d'échantillonnage 14_D , 14_G , 14_H et 14_B de la figure 5, celles-ci étant, dans ces
25 conditions, incorporées directement dans le circuit de calcul 15.

Le mode de mise en oeuvre de l'invention qui vient d'être décrit à propos des figures 5 à 8 permet de déterminer par le calcul la norme et l'orientation du vecteur de contraste avec une très bonne précision, ce qui peut s'avérer important dans certaines applications.

30 Cependant, comme déjà évoqué en préambule, dans d'autres applications il peut suffire de déterminer la valeur de la composante maximum du contraste (cX , cY) accompagnée d'une information angulaire approximative de l'orientation de ce vecteur. Dans une telle application, chaque pixel du capteur peut être réalisé de

façon encore plus simple que celui qui vient d'être décrit en relation avec les figures 5 à 8, puisque dans ces conditions, le pixel peut être réalisé avec un circuit logique simple et sans circuit de calcul, ce qui en réduit encore davantage la complexité et la consommation.

5 Dans ce second mode de réalisation du capteur, on exploite notamment le fait que l'orientation du vecteur de contraste peut être déterminée en se basant sur l'ordonnancement temporel des informations provenant des pixels voisins du pixel considéré, l'orientation pouvant alors être codée sous forme binaire.

10 On va décrire ce second mode de réalisation en se référant désormais aux figures 9 à 14.

La figure 9 représente le schéma simplifié d'un pixel p du capteur, ici par exemple le pixel central p_c visible sur la figure 3. Ce pixel comprend un circuit photocapteur ph identique à celui du pixel représenté sur la figure 5. Cependant, dans le présent cas, la borne de sortie 9 de l'amplificateur 8 est reliée à l'une des entrées d'un comparateur 25 dont l'autre entrée 26 reçoit une tension V_{blanc} représentative du niveau de blanc. Le comparateur 25 délivre sur sa sortie 27 un signal S représentant le moment pendant un cycle de prise d'image auquel le signal délivré par l'amplificateur 8 atteint la tension de niveau de blanc V_{blanc} . (il s'agit ici du signal S du pixel central que l'on désigne donc par S_c).

20 La borne 9 est reliée à un interrupteur semi-conducteur 28 commandé par le signal de sortie délivré par une porte OU inverseuse 29 dont les quatre entrées reçoivent les signaux S_G , S_D , S_B et S_H issus des comparateurs 25 des pixels respectifs voisins du pixel p_c . L'interrupteur 28 est également relié à une capacité de stockage 30 et à la première entrée d'un autre comparateur 31 dont la seconde entrée 32 reçoit un signal représentant une tension de seuil $V_{th}(t)$.

La sortie du comparateur 31 est connectée à un émetteur d'impulsions 33, auquel elle fournit un signal d'identification (adresse) du pixel concerné. Cet émetteur d'impulsions 33 délivre ainsi deux signaux d'adresse I_x et I_y qui sont les coordonnées du pixel concerné et un signal binaire, dans l'exemple sur trois bits, représentant l'orientation du contraste. Ces signaux d'orientation I_{B0} , I_{B1} et I_{B2} sont engendrés à partir de signaux binaires $B0$, $B1$ et $B2$ issus d'un traitement logique, encore à décrire, des signaux S_B , S_H , S_G et S_D .

35 Lorsque l'interrupteur 5 est fermé par le signal de commande appliqué sur la borne 7 (appelé ici signal RST de commande du cycle de prise d'image), la tension sur la capacité 4 est forcée à prendre la valeur de la tension V_{NOIR} . Puis, lorsque

l'interrupteur 5 est de nouveau ouvert, le photocourant I_{ph} dû à l'exposition du capteur à la scène observée est intégré sur cette capacité 4.

La sortie 27 du comparateur 25 est transmise aux quatre pixels voisins p_G , p_D , p_B et p_H , et passe à l'état haut, lorsque la tension $V_p(t)$ devient supérieure à la tension de niveau de blanc V_{BLANC} . Les signaux S_G , S_D , S_B et S_H provenant des comparateurs 25 des quatre pixels voisins sont combinés dans la porte OU 29 de sorte que l'interrupteur 28 est conducteur aussi longtemps que ces quatre signaux sont à l'état bas. Dès que l'un des quatre signaux passe à l'état haut, la capacité 30 mémorise la tension $V_p(t)$.

La figure 10 illustre un exemple d'évolution temporelle de la tension V_p du pixel considéré et de celles V_G , V_D , V_B et V_H de ses quatre voisins. Dans cet exemple, le contraste dans la direction verticale (V_H , V_B) est supérieur à celui dans la direction horizontale (V_G , V_D). Le pixel p_H est celui qui a le photocourant le plus élevé. Il atteint donc en premier le niveau de blanc V_{BLANC} . A cet instant, le signal S_H à l'entrée de la porte OU 29 du pixel central p_C passe à l'état haut de sorte que la tension V_p dans ce pixel est échantillonnée sur sa capacité 30. La différence entre la tension V_{BLANC} et la tension V_p échantillonnée au moment t_H où la tension V_H atteint le niveau de blanc représente la composante maximale du vecteur de contraste (C_X , C_Y).

Le courant dans la photodiode 1 du pixel p_C (ou de tout autre pixel du capteur) est donné par

$$I_{p_C} = I_0 R_{p_C} \quad (12)$$

avec I_0 proportionnel à l'illumination de la scène observée et R_{p_C} étant la réflectance de la portion de la scène focalisée sur le pixel p_C .

La tension V_H atteint le niveau de blanc après un temps t_H donné par

$$t_H = \frac{C_{30} V_{BLANC}}{I_H} = \frac{C_{30} V_{BLANC}}{I_0 R_H} \quad (13)$$

dans laquelle C_{30} est la valeur de la capacité 30 du pixel p_C , I_H le photocourant dans le pixel p_H et R_H la réflectance de la portion de la scène focalisée sur le pixel p_H .

La tension V_{30} stockée sur la capacité 30 du pixel p_C vaut donc:

$$V_C = \frac{I_C}{C_{30}} t_H = V_{\text{BLANC}} \frac{R_{PC}}{R_H} \quad (14)$$

On voit donc que la tension V_C est indépendante du niveau d'illumination du capteur.

5 Ainsi, le second mode de mise en oeuvre de l'invention permet d'engendrer, non pas la norme du contraste, mais la composante maximale du vecteur de contraste en exploitant l'évolution temporelle de l'intégration des photocourants, ce qui évite tout calcul dans les pixels.

10 Le pixel du second mode de mise en oeuvre de l'invention permet également de fournir une information concernant l'orientation du contraste. A cet effet, comme représenté sur la figure 9, il comporte un circuit de détermination d'orientation 34 dont la figure 11 représente un exemple de réalisation préféré.

15 Le circuit de détermination d'orientation 34 tel que représenté permet d'estimer la situation de l'orientation du contraste dans huit sections du cercle trigonométrique (octants), exemple auquel l'invention n'est toutefois pas limitée. En fonction de la précision souhaitée de la détermination de l'orientation, l'homme de métier pourrait modifier le circuit 34 de manière à ce qu'il soit possible d'estimer l'orientation du contraste sur quatre sections ou sur plus de huit sections du cercle trigonométrique.

20 L'entrée du circuit de détermination d'orientation 34 est reliée à la sortie de la porte OU inverseuse 29. La sortie de cette dernière est connectée à un circuit à retard 35 qui commande deux transistors de commutation T1 et T2 insérés respectivement dans deux sections logiques 34a et 34b du circuit 34.

25 Chaque section 34a et 34b est destinée à engendrer un bit du signal binaire représentant l'orientation du contraste. Comme dans l'exemple, l'orientation est déterminée sur des octants, ce signal binaire est fixé sur trois bits, B0, B1 et B2. Les sections logiques 34a et 34b déterminent respectivement les valeurs des deux bits de poids supérieur B1 et B2 en fonction du signal de sortie de la porte 29 et des signaux S_B , S_D et S_G selon la table de vérité suivante:

	B2	B1
S_H	0	0
S_G	0	1
S_B	1	0

S_D	1	1
-------	---	---

Le circuit 34 comprend également une troisième section logique 34c qui en fonction de l'état des bits B1 et B2 et des signaux appliqué à la porte 29, engendre le bit B0 de plus faible poids.

Les trois sections logiques 34a, 34b et 34c sont activées/désactivées par le signal de commande RST appliqué à des transistors respectifs de commande T3, T4 et T5 prévus dans chaque section.

Lorsque le signal de commande RST est à l'état haut, les bits B2, B1 et B0 sont mis à zéro, les signaux S_G , S_D , S_B et S_H sont à l'état bas et la sortie de la porte 29 est à l'état haut. Les transistors T1 et T2 sont alors conducteurs. Lorsque l'un des quatre signaux S_G , S_D , S_B et S_H passe à l'état haut, les bits B1 et B2 vont changer d'état, le cas échéant. Dès que l'une des entrées de la porte OU 29 est à l'état haut, sa sortie va passer à l'état bas. Il en résulte que les transistors T1 et T2 sont rendus non conducteurs après un délai introduit par le circuit à retard 35, ce qui empêche une modification ultérieure de l'état des bits B1 et B2.

L'état du bit B0 est déterminé par celui des signaux S_G , S_D , S_B et S_H passant à l'état haut en second lieu pendant le cycle d'exposition concerné. Par exemple, si le bit B1 est à l'état haut, le bit B0 sera mis à l'état haut, si le signal S_B passe à l'état haut avant le signal S_H , indiquant que l'orientation locale du contraste correspond à l'octant 3 (désigné par O3 sur la figure 12), si le bit B2 est à l'état bas. Par contre si le bit B2 est à l'état haut, il s'agira de l'octant 7 (indiqué par O7 sur la figure 12). D'autre part par exemple, si le bit B1 est à l'état bas, il sera mis à l'état haut, si le signal S_G passe à l'état haut avant le signal S_D pendant le cycle d'exposition considéré.

La lecture de l'information de contraste mémorisée sur la capacité 30 (figure 2) est réalisée selon le principe d'un convertisseur analogique/numérique à rampe. On pourra se référer au brevet EP 1 150 250 qui décrit un même principe de fonctionnement. Le comparateur 31 compare la tension emmagasinée sur cette capacité à une tension de référence $V_{TH}(t)$ qui croît avec le temps durant le cycle d'exposition. Lorsque cette tension de référence $V_{TH}(t)$ devient supérieure à la tension sur la capacité, une impulsion encodant l'adresse du pixel et l'état des bits B2, B1 et B0 sont émis sur les sorties correspondantes I_x , I_y et I_{B2} , I_{B1} , I_{B0} . L'instant d'apparition des impulsions d'adresse encode ainsi la valeur du contraste, et l'état des lignes I_{B2} , I_{B1} , I_{B0} encode l'orientation du contraste.

La variante représentée sur la figure 13 permet d'affiner la mesure de l'orientation de contraste par rapport à celle permise dans le mode de réalisation

décrit à propos des figures 9 à 11. Dans ce cas, un circuit logique 36 engendre un signal de commande lorsque deux des signaux S_G , S_D , S_B et S_H sont à l'état haut. Ce signal de commande agit sur un interrupteur 37 connecté entre la sortie 9 de l'amplificateur 8 et une capacité 38. La tension accumulée sur cette dernière est transmise à une entrée d'un comparateur 39 dont l'autre entrée est portée à une tension de référence variable $V_{th2}(t)$ distincte de la tension de référence, appelée ici $V_{th1}(t)$, appliquée sur le comparateur 31. Les entrées d'une porte ET 40 sont connectées respectivement aux sorties des comparateurs 31 et 39, tandis que sa sortie est reliée à l'émetteur d'impulsions 33.

10 Dans cette variante, la tension $V_p(t)$ est mémorisée sur la capacité 38, lorsque, pendant le cycle, un deuxième voisin du pixel considéré atteint le niveau de blanc émettant son signal S_G , S_D , S_B ou S_H . Dans ces conditions, les tensions mémorisées sur les capacités 30 et 38 représentent les deux composantes du contraste, l'état des bits B2 et B1 permettant de distinguer entre les composantes X et Y.

15 En prenant, à titre d'exemple, le cas de la figure 10, la capacité 30 mémorise la tension $V_p(t)$, lorsque le signal S_H passe à l'état haut et la capacité 38 mémorise cette tension lorsque le signal S_D passe à l'état haut. Après avoir été lues, ces deux valeurs de tension peuvent être combinées pour affiner la mesure d'orientation.

20 Leur lecture est alors effectuée en deux étapes comme l'illustre sur la figure 14. Dans une première étape, la rampe de la tension $V_{th1}(t)$ lit les tensions stockées sur les capacités 30 des pixels. Cette rampe part de la tension V_{NOIR} pour se terminer à une tension V_{cmin} , choisie en fonction de l'application ou ajustée en boucle de façon à optimiser la quantité d'informations lues, limitant la transmission des contrastes aux pixels dont la composante maximale de contraste est supérieure à $V_{BLANC} - V_{cmin}$. Dans une seconde phase, la tension $V_{th1}(t)$ est maintenue à la tension V_{cmin} . Simultanément, la tension $V_{th2}(t)$ évolue entre V_{NOIR} et V_{BLANC} . Un pixel n'émet une impulsion de mesure lors du basculement du comparateur 39 que si la sortie du comparateur 31 est à l'état haut (porte ET 40).

REVENDECATIONS

1. Procédé permettant de déterminer le contraste local au niveau de chaque pixel (p_c) d'un réseau (M_p) de pixels photosensibles agencés selon au moins une dimension (x, y), ce procédé consistant, au cours de cycles de prises d'image successifs respectifs, à engendrer un signal (L_c) représentatif de la luminance locale relevée par chaque pixel, les signaux représentatifs de la luminance ($L_{pn}, L_{p(n+1)}, L_{p(n-1)}$) étant des valeurs intégrées des valeurs de luminance captées par les pixels respectifs (p_c, p_G, p_D, p_H, p_B),

ce procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à échantillonner les valeurs intégrées des signaux représentant les luminances relevées par les pixels qui sont adjacents (p_G, p_D, p_H, p_B) à un pixel considéré (p_c), l'échantillonnage ayant lieu à un instant dans ledit cycle auquel la valeur intégrée de la luminance relevée par ledit pixel considéré (p_c) devient égale à une valeur de référence prédéterminée (V_{ref}, V_{BLANC}), et à déterminer le contraste local dudit pixel considéré (p_c) sur la base des valeurs ainsi échantillonnées.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite valeur de référence (V_{ref}) est choisie à une valeur intermédiaire de l'écart séparant une valeur de niveau de blanc (NB) et une valeur de niveau de noir (NN) susceptibles d'être relevées au maximum par lesdits pixels (p_c, p_G, p_D, p_H, p_B), cette valeur étant de préférence égale à la moitié de cet écart.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il consiste à calculer le contraste local en appliquant pour ladite au moins une dimension dudit réseau l'expression suivante:

$$C_{pn} = \frac{L_{p(n-1)} - L_{p(n+1)}}{L_{pn}}$$

dans laquelle

C_{pn} contraste local calculé pour ledit cycle d'un pixel de rang n (p_c) dans la rangée du réseau orientée selon ladite dimension,

L_{pn} signal représentant la luminance relevée par le pixel de rang n (p_c),

$L_{p(n-1)}$ signal représentant la luminance relevée par le pixel adjacent précédent de rang $n-1$ (p_G) dans ladite rangée,

$L_{p(n+1)}$ signal représentant la luminance relevée par le pixel adjacent suivant $n+1$ (p_D) dans ladite rangée.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que les valeurs intégrées des signaux représentant les luminances relevées par lesdits pixels adjacents (p_G , p_D , p_H , p_B) sont accumulées sur des capacités (14_D , 14_G , 14_H , 14_B) respectives à l'instant où la valeur intégrée du pixel considéré (p_c) atteint ladite valeur de référence (V_{ref}), lesdites capacités fournissant les valeurs nécessaires au calcul du contraste.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que, dans le cas où ledit réseau se présente sous la forme d'une matrice (M_p) de pixels à deux dimensions, le calcul de contraste s'effectue sur la base des expressions suivantes:

$$C_x = L_G - L_D$$

et

$$C_y = L_H - L_B$$

dans lesquelles:

- 15 - C_x composante de contraste local dans la direction x de la matrice,
- C_y composante de contraste local dans la direction y de la matrice,
- L_G , L_D signaux représentatifs des luminances relevées respectivement par les pixels (p_G , p_D), adjacents au pixel considéré (p_c) dans la direction x,
- 20 - L_H , L_B signaux représentatifs des luminances relevées respectivement par les pixels (p_H , p_B) adjacents au pixel considéré (p_c) dans la direction y,

lesdites expressions étant utilisées pour calculer les composantes du vecteur de contraste au niveau dudit pixel considéré (p_c).

25 6. Procédé selon les revendications 4 et 5, caractérisé en ce que chaque couple de valeurs accumulées ($V_G(t_{ref})$, $V_D(t_{ref})$ et $V_H(t_{ref})$, $V_B(t_{ref})$) appartenant respectivement auxdites directions x et y est soumis à une multiplication analogique à quatre quadrants par un signal cosinusoïdal et, respectivement, un signal sinusoïdal de même fréquence et amplitude que ledit signal cosinusoïdal, et en ce que les résultats (I_x , I_y) des multiplications correspondantes sont additionnées pour former le module et la phase du vecteur de contraste local correspondant audit pixel considéré (p_c).

35 7. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que ladite valeur de référence est choisie à une valeur de niveau de blanc (V_{BLANC}) susceptible d'être relevée au maximum par lesdits pixels (p_c , p_G , p_D , p_H , p_B).

8. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce qu'il consiste, pendant chacun desdits cycles de prise d'image, à relever les instants auxquels, dans un groupe de pixels composé du pixel considéré et de ses pixels adjacents (p_c , p_G , p_D , p_H , p_B), les valeurs intégrées des valeurs de luminance captées par ces pixels atteignent ladite valeur de niveau de blanc (V_{BLANC}) et à prendre comme valeur du contraste local la valeur intégrée du pixel considéré lorsque le premier des pixels adjacents (p_D , p_G , p_H , p_B) atteint ladite valeur de niveau de blanc.

9. Procédé suivant la revendication 8, caractérisé en ce qu'il consiste à engendrer des signaux impulsionnels (S_G , S_D , S_B , S_H) codant chacun desdits instants et à effectuer une combinaison logique desdits signaux impulsionnels (S_G , S_D , S_B , S_H) pour déterminer l'orientation dudit contraste local en fonction de l'ordre selon lequel les valeurs intégrées des pixels dudit groupe de pixels (p_c , p_G , p_D , p_H , p_B) atteignent ladite valeur de niveau de blanc (V_{BLANC}).

10. Procédé suivant la revendication 9, caractérisé en ce que l'ordre desdits instants est codé sur trois bits (B_0 , B_1 , B_2) et en ce que l'orientation de ladite valeur de contraste est déterminé dans des octants du cercle trigonométrique.

11. Procédé suivant la revendication 8, caractérisé en ce qu'il consiste à prendre comme seconde composante du contraste la valeur intégrée du pixel considéré lorsque parmi les valeurs intégrées des pixels adjacents (p_D , p_G , p_H , p_B) la deuxième desdites valeur atteint ledit niveau de blanc.

12. Capteur destiné à déterminer le contraste local d'une scène observée par détection de la luminance émanant de cette scène à l'aide d'un réseau comportant au moins une rangée de pixels agencée selon au moins une dimension dudit réseau et à mettre en œuvre le procédé tel que défini dans l'une quelconque des revendications 1 à 11, ce capteur comprenant dans chaque pixel (p_c) un circuit photosensible (ph) fournissant un signal représentant la luminance locale (V_{cl}) émanant de l'image et relevée par ledit pixel sous forme d'une valeur d'intégration ($V_p(t)$),

ce capteur étant caractérisé en ce que dans chaque pixel il est prévu un comparateur (10) pour comparer ledit signal représentant la luminance locale à une valeur de référence (V_{ref} , V_{BLANC}) et pour fournir un signal de commande, lorsque ledit signal de luminance est égal à ladite valeur de référence.

13. Capteur suivant la revendication 12 pour la mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce qu'il comporte une source délivrant ladite valeur de référence (V_{ref}) de manière qu'elle soit égale à

une valeur qui soit intermédiaire de l'écart séparant une valeur de niveau de blanc (NB) et une valeur de niveau de noir (NN), susceptibles d'être relevés au maximum par lesdits pixels, cette valeur étant de préférence la moitié de cette valeur.

14. Capteur suivant la revendication 13, caractérisé en ce qu'il comprend
5 un circuit de calcul de contraste local (15) et des moyens (12_D, 12_G, 12_H, 12_B, 14_D, 14_G, 14_H, 14_B) pour, en réponse audit signal de commande, appliquer sur ledit circuit de calcul (15) les signaux représentant la luminance locale des pixels (p_G , p_D , p_H , p_B) immédiatement voisins du pixel considéré (p_C).

15. Capteur selon la revendication 14, caractérisé en ce que lesdits
10 signaux représentant la luminance locale ($V_p(t)$, $V_G(t)$, $V_D(t)$, $V_H(t)$, $V_B(t)$) se présentent sous la forme de tensions.

16. Capteur selon les revendications 15, caractérisé en ce que lesdits
moyens pour appliquer audit circuit de calcul (15) lesdits signaux représentant la
luminance locale comprennent un jeu de capacités (14_D, 14_G, 14_H, 14_B) pour
15 emmagasiner les tensions ($V_G(t)$, $V_D(t)$, $V_H(t)$, $V_B(t)$) fournies par lesdits pixels
immédiatement voisins pendant que ladite valeur intégrée dudit pixel considéré
évolue vers la valeur de référence (V_{ref}).

17. Capteur selon la revendication 16 pour la mise en œuvre du procédé
selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend pour chacune desdites
20 directions (x, y) des moyens analogiques de multiplication à quatre quadrants (18a, 18b) connectés pour multiplier les tensions emmagasinées respectivement sur
lesdites capacités avec des tensions sinusoïdales et en ce qu'il est prévu un
additionneur (22) pour sommer le résultat des multiplications effectuées par lesdits
moyens de multiplication afin d'en déduire le vecteur de contraste local dudit pixel
25 considéré.

18. Capteur suivant la revendication 17, caractérisé en ce que lesdits
moyens analogiques de multiplication comportent pour chacune desdites directions
(x, y) un multiplieur (18a, 18b) réalisé avec des transistors (M1 à M6), les capacités
parasites des transistors (M1 à M4) prévus aux entrées desdits multiplieurs formant
30 respectivement lesdites capacités d'emmagasinement (14_D, 14_G, 14_H, 14_B).

19. Capteur suivant la revendication 12 pour la mise en œuvre du procédé
selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, caractérisé en ce que qu'il
comporte une source délivrant ladite valeur de référence (V_{BLANC}) de manière qu'elle
soit égale à une valeur de niveau de blanc susceptible d'être relevé au
35 maximum par lesdits pixels (p_C , p_G , p_D , p_H , p_B).

20. Capteur suivant la revendication 19, caractérisé en ce qu'il comprend, dans chaque pixel (p_c), des moyens pour délivrer un signal binaire (S_G , S_D , S_B , S_H) lorsque, au cours de chacun desdits cycles, ladite valeur intégrée atteint ladite valeur de blanc (V_{BLANC}), des moyens logique à fonction OU (29) connectés pour recevoir desdits pixels adjacents (p_G , p_D , p_H , p_B) le signal binaire (S_G , S_D , S_B , S_H) délivré le cas échéant par ceux-ci, et des moyens de combinaison logique (34) pour affecter une valeur d'orientation à la valeur de contraste relevée par le pixel concerné en fonction de l'état binaire de chacun desdits signaux binaires (S_G , S_D , S_B , S_H).

21. Capteur suivant la revendication 19, caractérisé en ce que lorsque le premier des signaux (S_G , S_D , S_B , S_H) passe à l'état haut, la valeur intégrée du pixel concerné est mémorisée sur une capacité.

22. Capteur suivant la revendication 20, caractérisé en ce qu'il contient une seconde capacité sur laquelle est mémorisée la tension intégrée du pixel concerné lorsque le deuxième signal parmi lesdits signaux binaires (S_G , S_D , S_B , S_H) passe à l'état haut.

1 / 8

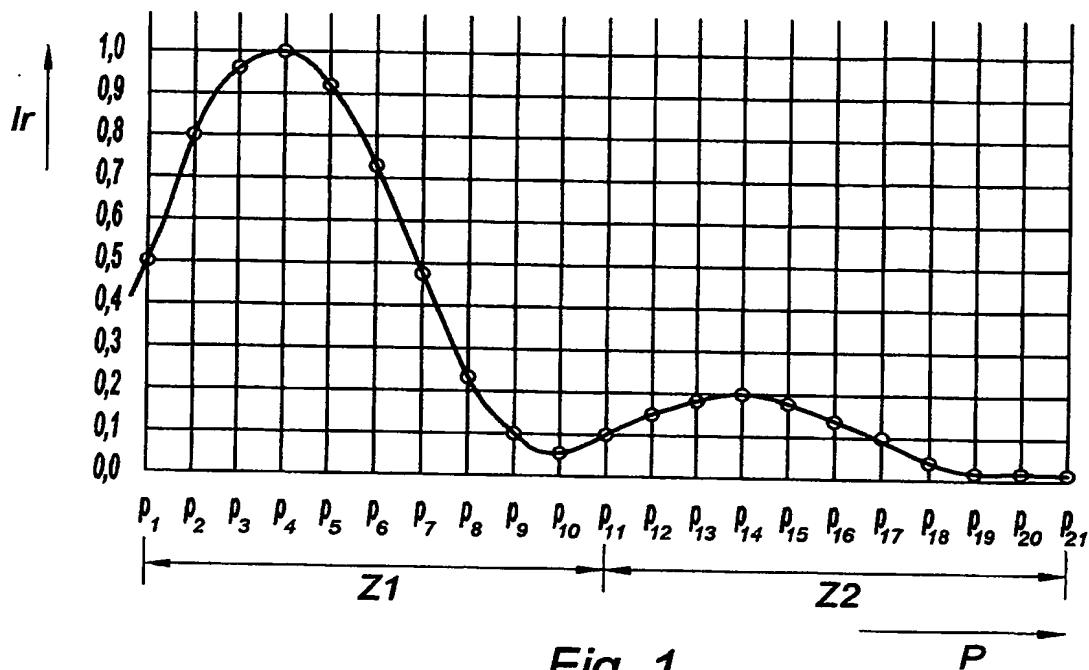


Fig. 1

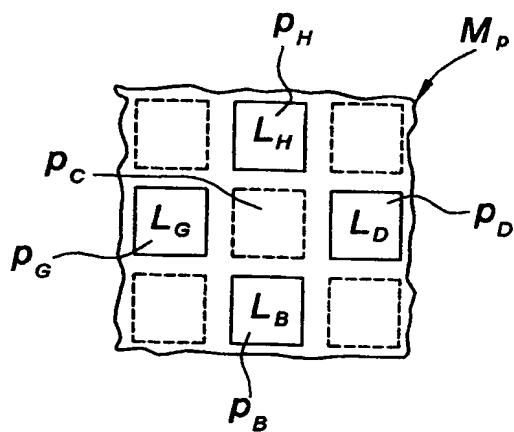


Fig. 2

2 / 8

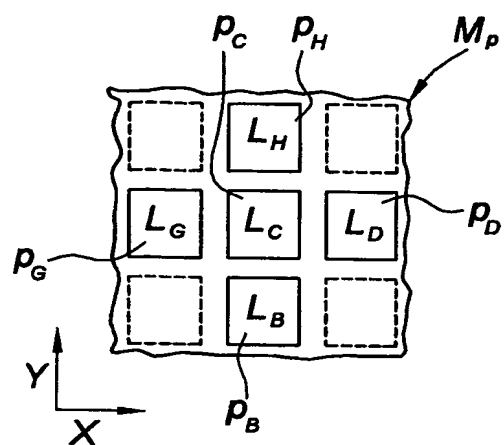


Fig. 3

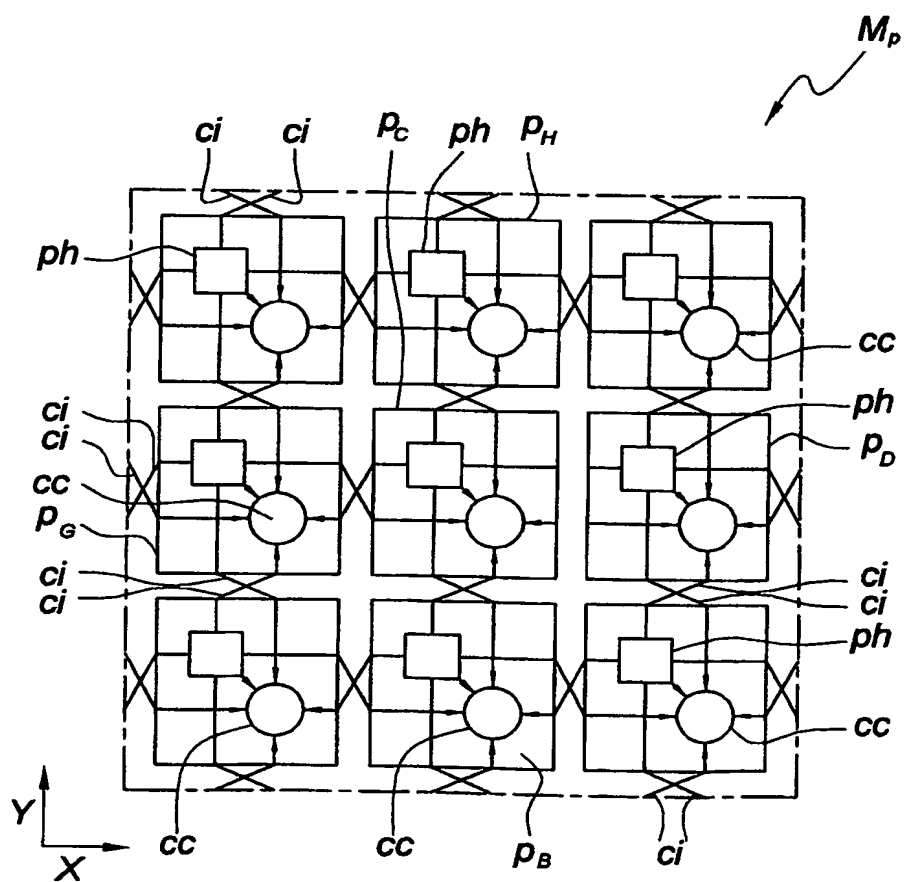


Fig. 4

3 / 8

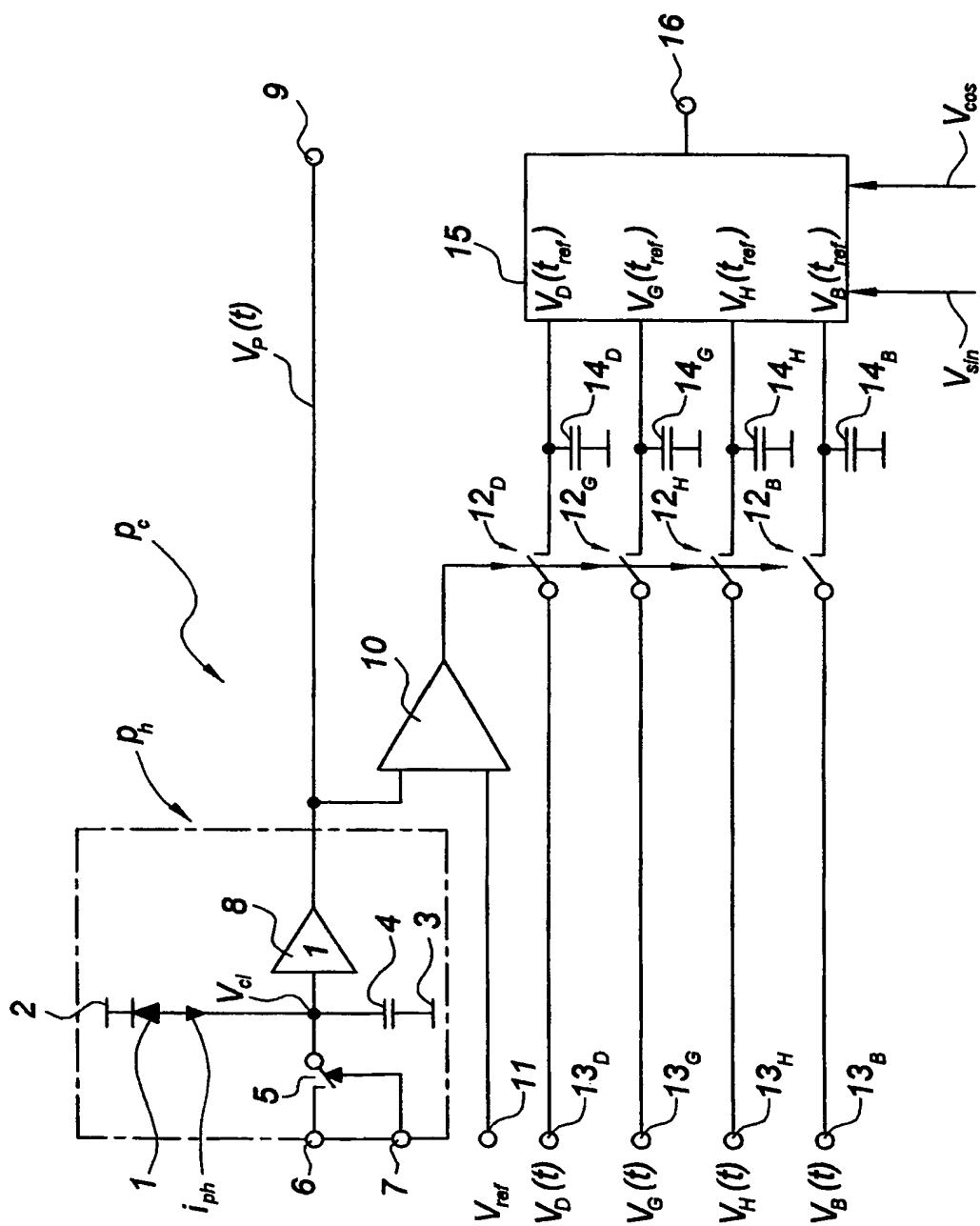


Fig. 5

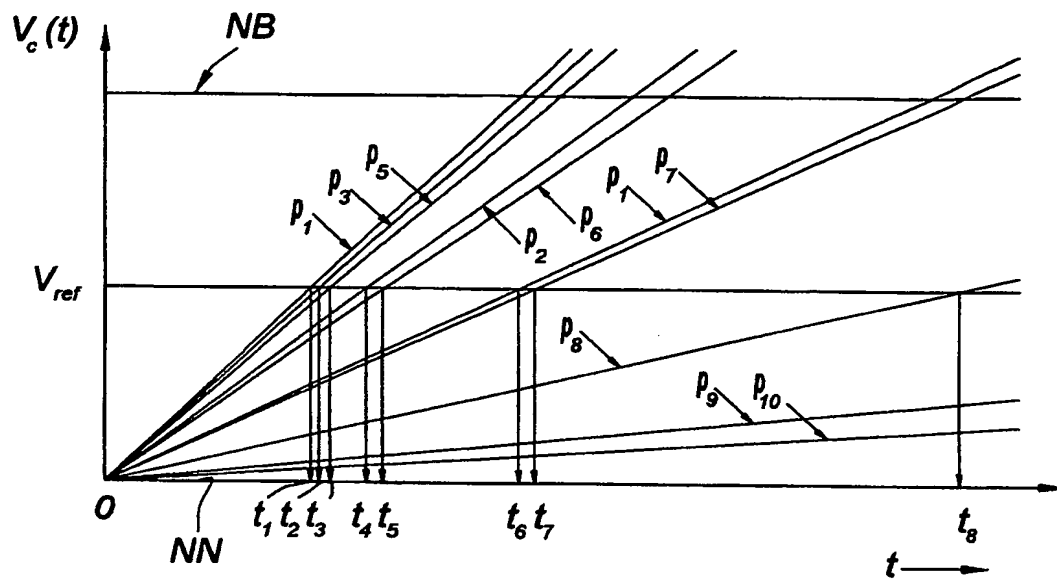


Fig. 6

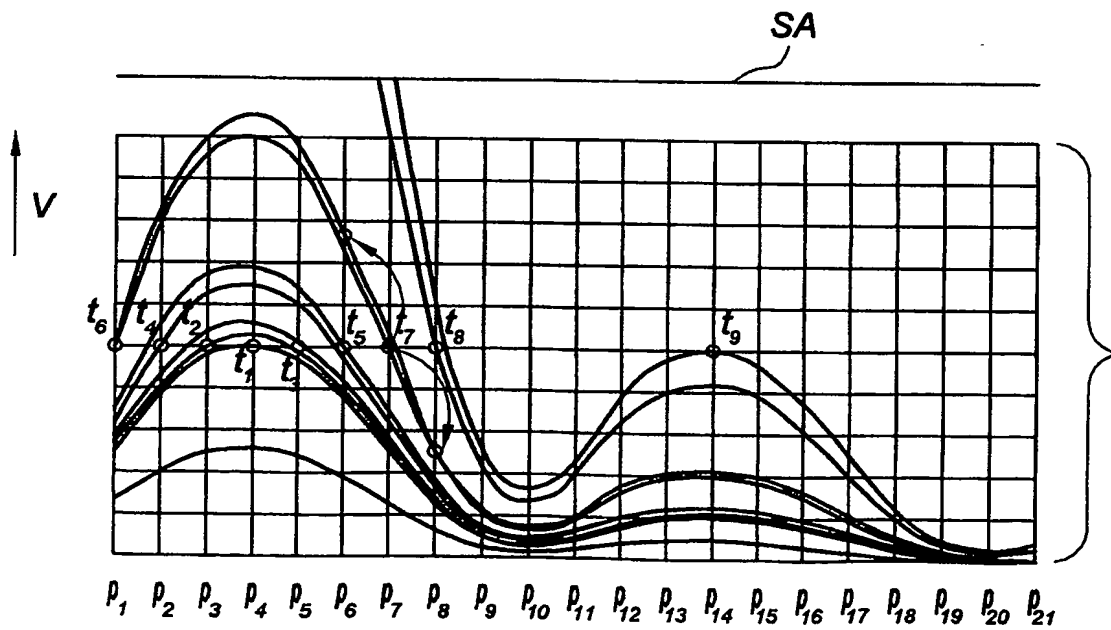
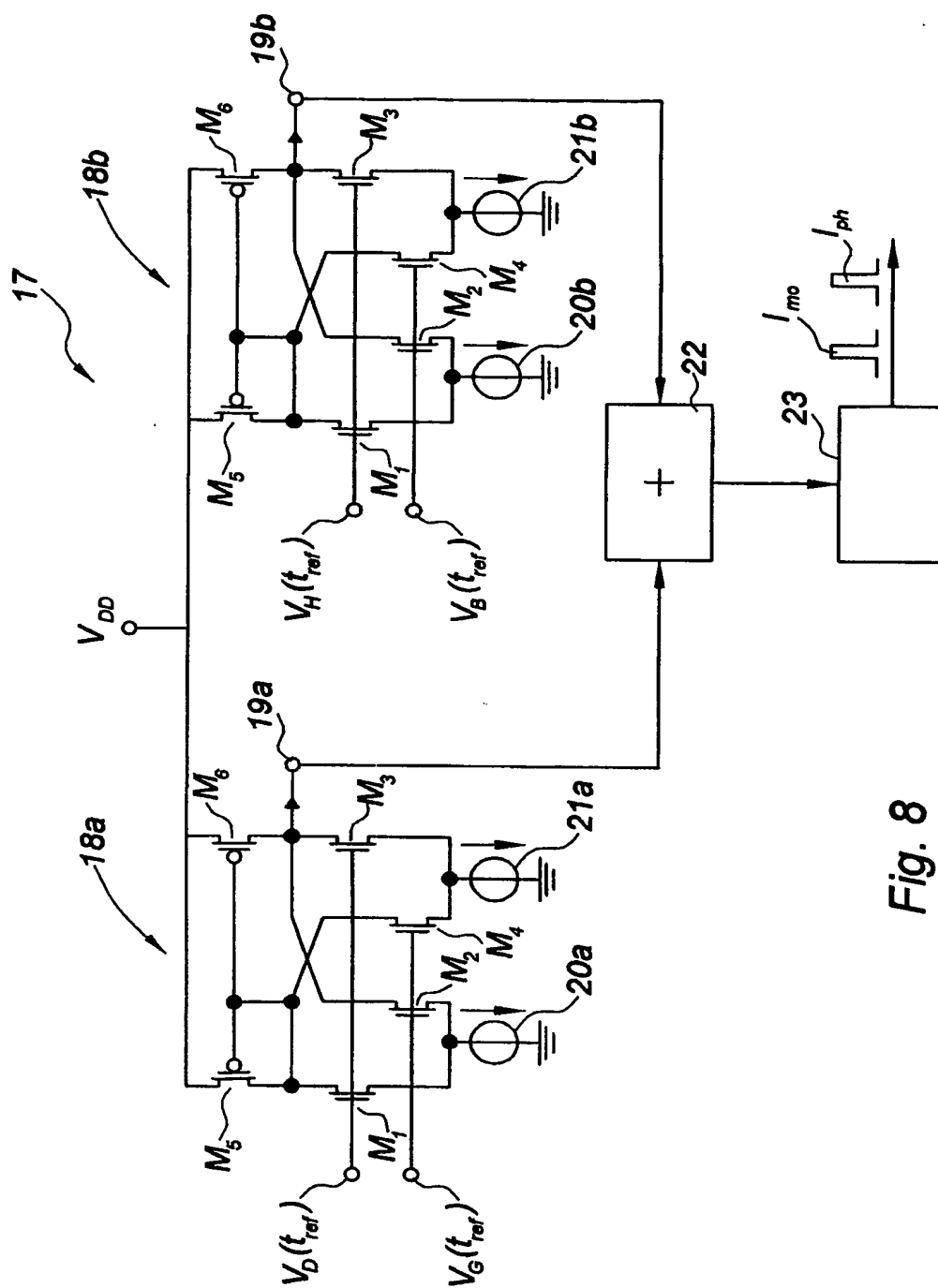


Fig. 7



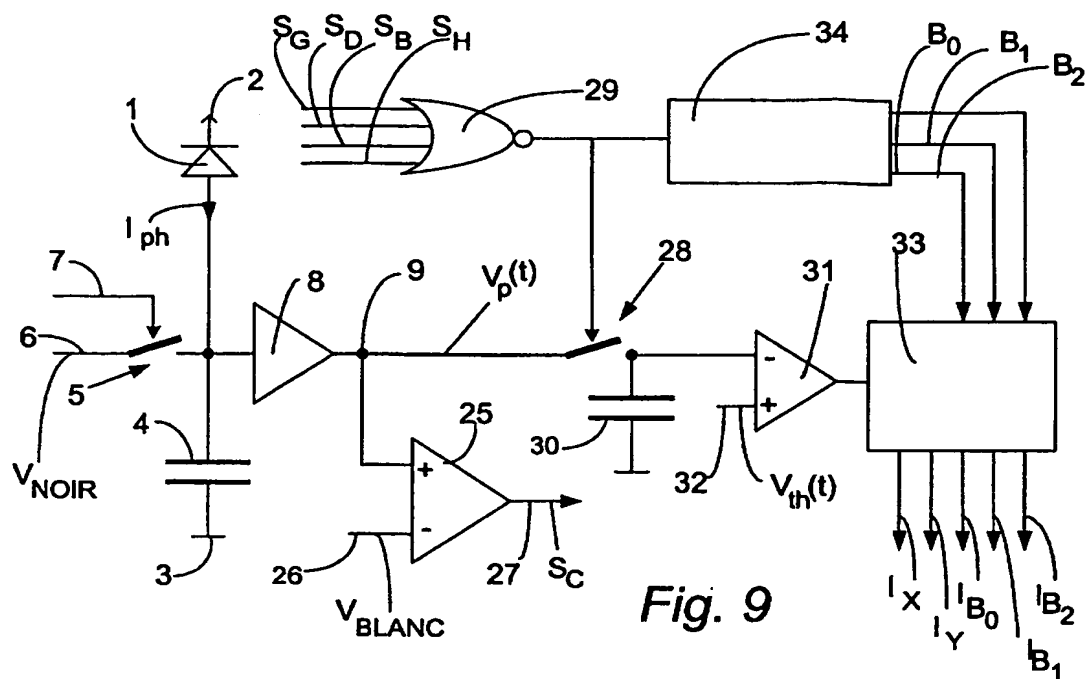


Fig. 9

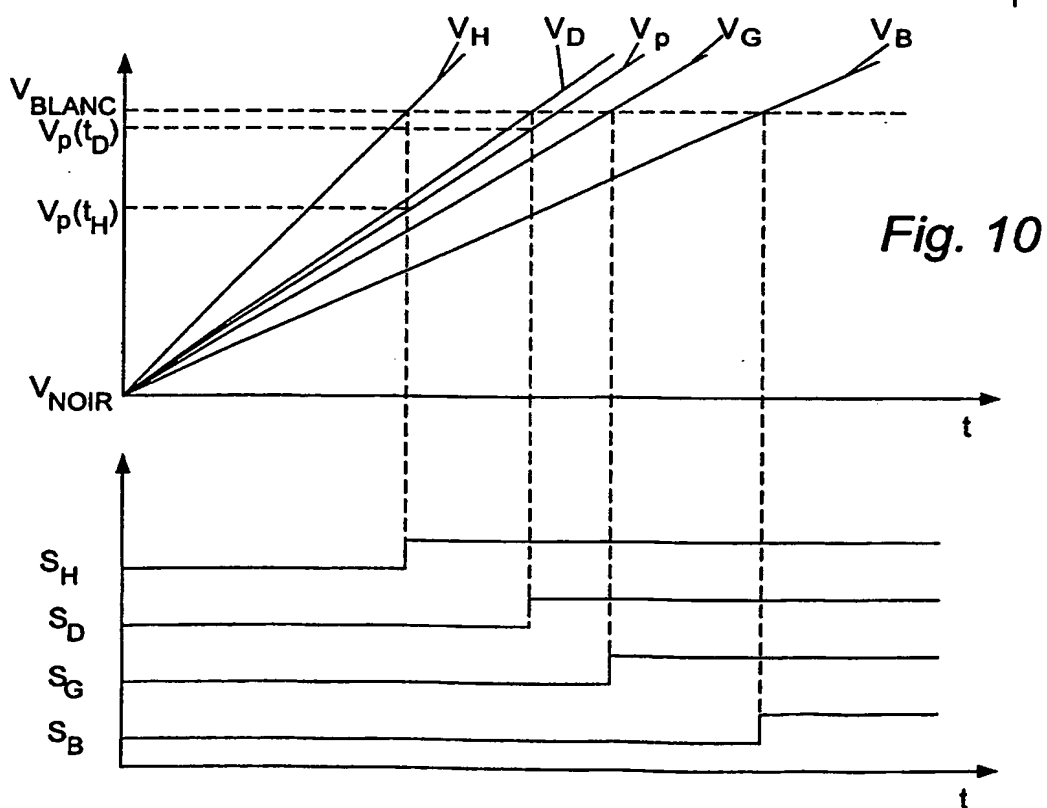


Fig. 10

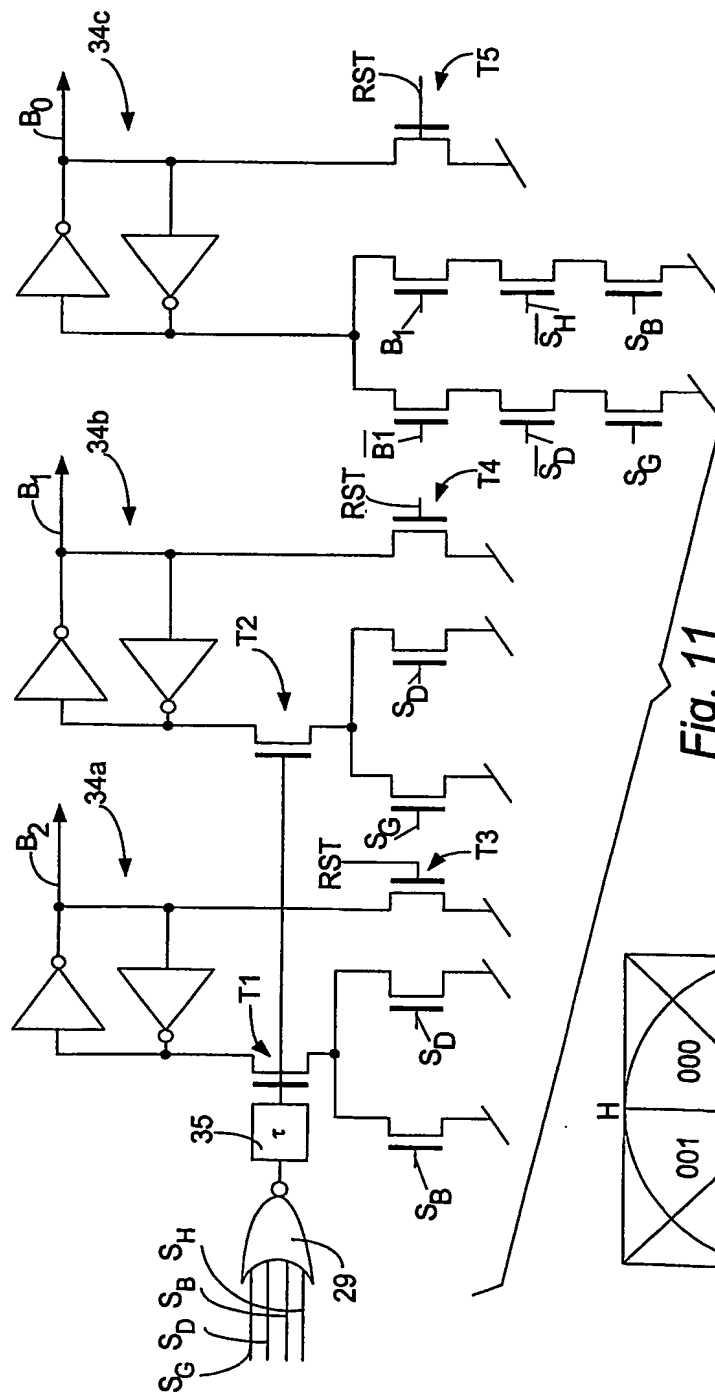
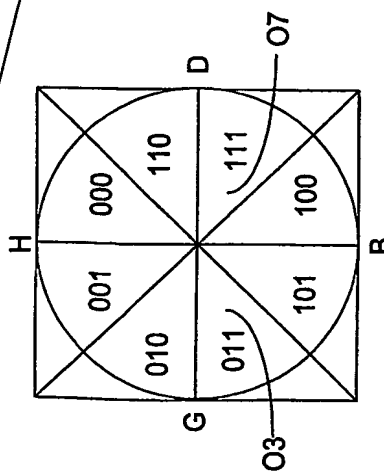
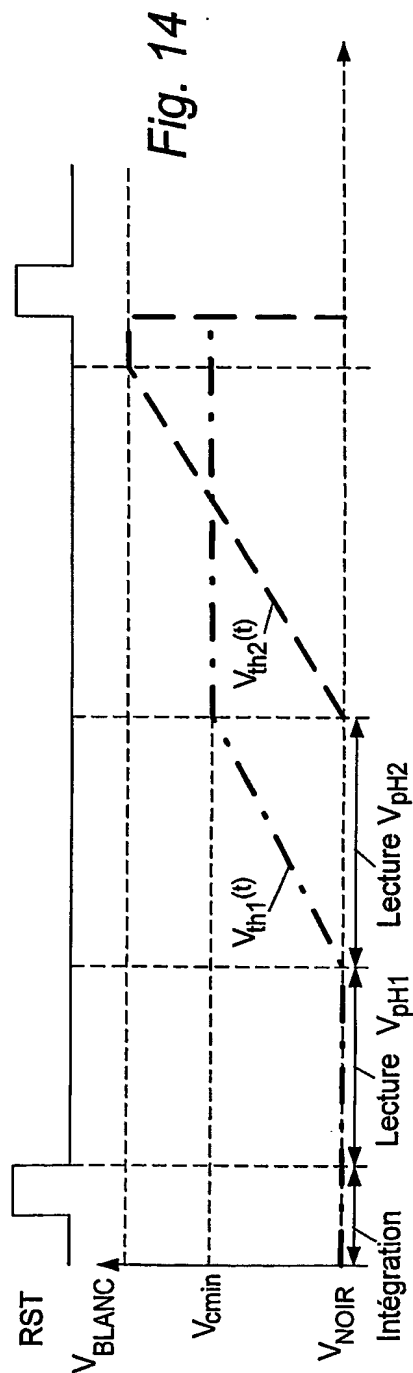
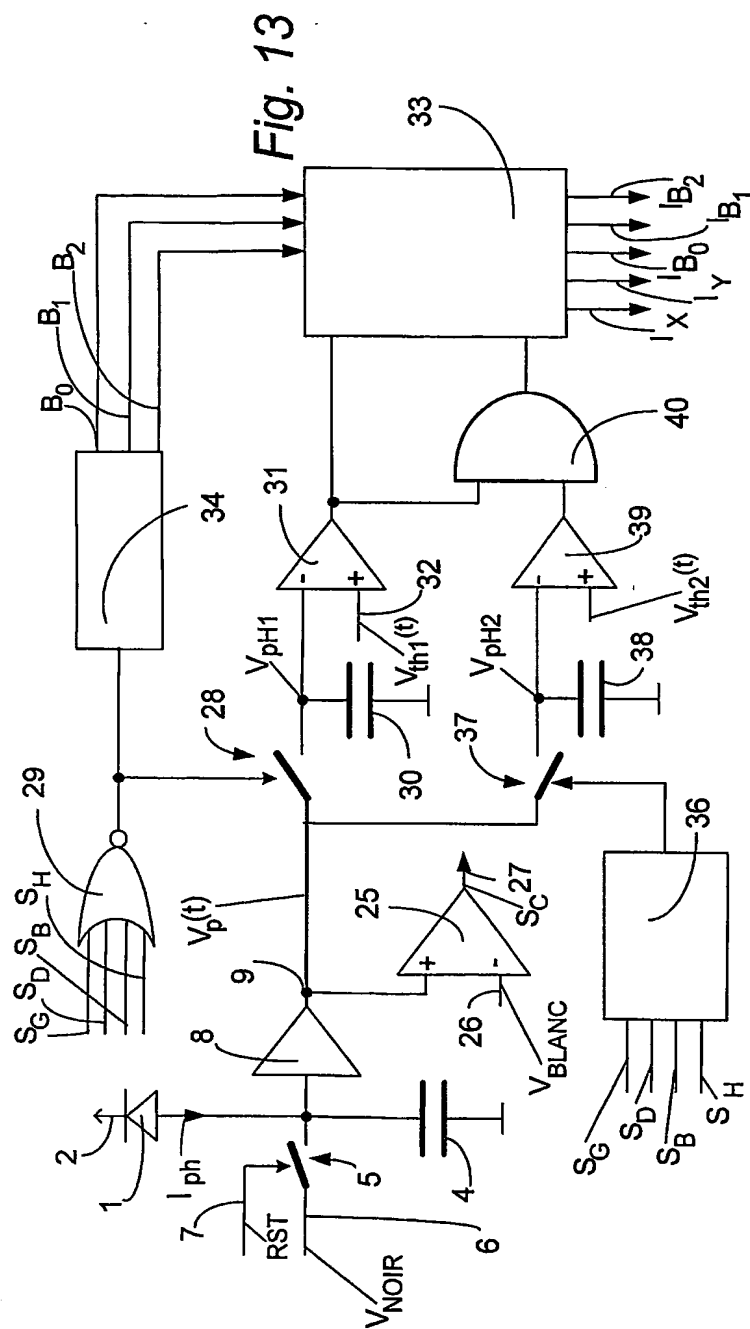


Fig. 11

Fig. 12





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/09740

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04N3/15

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 069 377 A (GUIDASH ROBERT M ET AL) 30 May 2000 (2000-05-30) column 4, line 7 - line 19 column 5, line 18 - line 31 -----	12
X	WO 98 14002 A (BOEHM MARKUS ; LULE TAREK (DE)) 2 April 1998 (1998-04-02) page 14, line 15 - line 29 -----	12
A	US 5 837 993 A (PHILIPPE VENIER ET AL) 17 November 1998 (1998-11-17) claim 1 -----	1, 12
A	WO 01 99292 A (REED ALASTAIR M ; DIGIMARC CORP (US); BRADLEY BRETT ALAN (US); HANN) 27 December 2001 (2001-12-27) page 8, line 25 - line 31 -----	1, 12

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 December 2003

Date of mailing of the international search report

30/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bequet, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/03/09740

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6069377	A	30-05-2000	EP 1052846 A2 JP 2001008101 A TW 448339 B	15-11-2000 12-01-2001 01-08-2001
WO 9814002	A	02-04-1998	AT 216823 T AU 713290 B2 AU 4706197 A CA 2238534 A1 CN 1205150 A ,B DE 29724665 U1 DE 59707102 D1 DK 864223 T3 WO 9814002 A1 EP 0864223 A1 ES 2176703 T3 JP 11505100 T PT 864223 T US 6606121 B1	15-05-2002 25-11-1999 17-04-1998 02-04-1998 13-01-1999 05-12-2002 29-05-2002 12-08-2002 02-04-1998 16-09-1998 01-12-2002 11-05-1999 30-09-2002 12-08-2003
US 5837993	A	17-11-1998	FR 2745457 A1 DE 69721612 D1 EP 0792063 A1	29-08-1997 12-06-2003 27-08-1997
WO 0199292	A	27-12-2001	US 6631198 B1 US 2002015508 A1 AU 6986401 A WO 0199292 A2	07-10-2003 07-02-2002 02-01-2002 27-12-2001

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande nationale No

PCT/EP 03/09740

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04N3/15

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 069 377 A (GUIDASH ROBERT M ET AL) 30 mai 2000 (2000-05-30) colonne 4, ligne 7 - ligne 19 colonne 5, ligne 18 - ligne 31	12
X	WO 98 14002 A (BOEHM MARKUS ; LULE TAREK (DE)) 2 avril 1998 (1998-04-02) page 14, ligne 15 - ligne 29	12
A	US 5 837 993 A (PHILIPPE VENIER ET AL) 17 novembre 1998 (1998-11-17) revendication 1	1, 12
A	WO 01 99292 A (REED ALASTAIR M ; DIGIMARC CORP (US); BRADLEY BRETT ALAN (US); HANN) 27 décembre 2001 (2001-12-27) page 8, ligne 25 - ligne 31	1, 12

☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

18 décembre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

30/12/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Bequet, T

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/EP 03/09740

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6069377	A	30-05-2000	EP 1052846 A2	15-11-2000
			JP 2001008101 A	12-01-2001
			TW 448339 B	01-08-2001
WO 9814002	A	02-04-1998	AT 216823 T	15-05-2002
			AU 713290 B2	25-11-1999
			AU 4706197 A	17-04-1998
			CA 2238534 A1	02-04-1998
			CN 1205150 A , B	13-01-1999
			DE 29724665 U1	05-12-2002
			DE 59707102 D1	29-05-2002
			DK 864223 T3	12-08-2002
			WO 9814002 A1	02-04-1998
			EP 0864223 A1	16-09-1998
			ES 2176703 T3	01-12-2002
			JP 11505100 T	11-05-1999
			PT 864223 T	30-09-2002
			US 6606121 B1	12-08-2003
US 5837993	A	17-11-1998	FR 2745457 A1	29-08-1997
			DE 69721612 D1	12-06-2003
			EP 0792063 A1	27-08-1997
WO 0199292	A	27-12-2001	US 6631198 B1	07-10-2003
			US 2002015508 A1	07-02-2002
			AU 6986401 A	02-01-2002
			WO 0199292 A2	27-12-2001